Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Pflanzen.

(Als Fortsetzung der gleichnamigen Beiträge. Sitzungsb. d. kais. Akad. d. Wissenschaften mathem.-naturw. Cl. XLIV. Bd.)

Von dem w. M. Prof. F. Unger.

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 9. Juni 1864.)

XIII. Studien zur Kenntniss des Saftlaufes in den Pflanzen.

Es ist eine allbekannte Thatsache, dass Zweige holziger und krautartiger Gewächse mit ihrer Schnittfläche in Wasser gestellt, sich eine kürzere oder längere Zeit erhalten, ja wohl sogar ausdauern und fortwachsen, wenn sie sich im Wasser zu bewurzeln vermögen. Es kann diese Fähigkeit unter solchen abnormen Verhältnissen wenn auch nur auf einige Zeit fortzuleben, nur in der Fähigkeit liegen, durch die mittelst des Schnittes blossgelegten lebensfähigen Elementartheile Wasser aufzunehmen und dasselbe bis zu den äussersten Theilen der Pflanze zu leiten.

Es ist auch nicht schwer die Kraft zu bezeichnen und zu bemessen, wodurch diese Wasseraufnahme vor sich geht. Versuche mit Zweigen verschiedener Pflanzen zeigen, dass diese Kraft nach der Beschaffenheit der Gewächse, nach ihrem Baue, so wie nach den äusseren Umständen sehr wechselt und im Allgemeinen durch die an den peripherischen Theilen fort und fort stattfindende Verdunstung geregelt wird.

Je stärker die Verdunstung, je leichter die Fortleitung der aufgenommenen Flüssigkeit, desto kräftiger wird auch die Wasseraufnahme geschehen, und es erfolgt nicht selten unter solchen Umständen, dass die aufgenommene und ausgedunstete Menge des Wassers in kurzer Zeit das Volumen des ganzen Zweiges erreicht und übersteigt.

Im Allgemeinen reicht jedoch das durch die Schnittfläche aufgenommene Wasser nicht hin, die Bedürfnisse der Verdunstung zu

decken und wir nehmen wahr, dass von zweien Pflanzen, deren eine unverletzt in der Erde steht, die andere aber knapp an der Erdoberfläche abgeschnitten und mit ihrem Stengel in Wasser gesetzt wurde, die erstere sich unter den ungünstigsten Verhältnissen (bei Trockenheit des Bodens und grosser Wärme der Luft) dennoch sich zu erhalten vermag, während die andere durch Welken der Zweigspitzen u.s.w. nur zu bald Wassermangel in ihrem Gewebe verräth.

Man sollte glauben, dass der Erfolg in beiden Pflanzen gerade umgekehrt sein würde, denn die reichliche der Schnittfläche dargebotene Menge Wassers müsste ja die sparsame Aufnahme durch die Wurzel mehr als ersetzen.

Man sieht hieraus, dass dabei noch Verhältnisse eigener Art thätig eingreifen, die entweder die Aufnahme durch das Gewebe der Schnittfläche verlangsamen oder gänzlich unmöglich machen, oder in dem Mangel der leichten Weiterbeförderung durch das Pflanzengewebe bis in seine äussersten Theile ihren Grund haben.

Suchte man das eine oder die beiden muthmasslichen Hindernisse dadurch zu entfernen, dass man mittelst einer passenden Vorrichtung durch Druck auf die Schnittfläche die Aufnahme so wie die Fortbewegung des Wassers erleichtert oder ermöglicht, so wäre vielleicht dadurch ein Mittel gegeben, nicht nur die Erhaltung, sondern selbst die weitere Entwickelung der Versuchspflanze auch ohne Wurzelbildung zu ermöglichen.

Es käme hiebei hauptsächlich darauf an, das Maass des Druckes zu finden, das bei verschiedenen Pflanzen und Pflanzentheilen sicherlich sehr verschieden sein mag. —

Ich nahm zwei ziemlich gleich grosse Zweige von *Corylus Avellana*, welche etwa 15 entwickelte Blätter hatten, deren einen ich mit dem abgeschnittenen Endtheile in ein Gefäss mit Wasser stellte, den andern jedoch mit seiner Schnittfläche so in Verbindung mit Wasser brachte, dass dieses einen Druck von 3 Fuss Höhe auf dieselbe ausüben musste.

Am 12. Juni um 4 Uhr Nachmittags (1863) wurde der Versuch begonnen. Beide Zweige nahmen Wasser auf, natürlich jener, auf welchen der Druck lastete mehr als der freie. Sie erhielten sich von der Sonne geschützt auch beide durch mehrere Tage gleich frisch und turgescirend. Endlich nach vier Tagen traten bei dem freien Zweige deutliche Zeichen des Welkens an seinen jüngsten

Blättern, ein, die sich allmählich auch auf die folgenden verbreiteten, bis im Verlaufe von 14 Tagen schon alle Blätter mehr oder weniger languid waren und sich zusammen zu rollen anfingen. Anders verhielt sich der injicirte Zweig; selbst nach 14 Tagen war derselbe noch in allen seinen Theilen vollkommen turgescirend, nur die jüngsten einige Linien grosse Blättchen waren am Rande durch eine Bräunung verändert, und erst am 17. Tage traten an eben diesen Blättern einzelne Zeichen des beginnenden Welkwerdens ein. Die Aufnahme des Wassers nahm indess bei beiden Zweigen regelmässig von Tag zu Tage ab, obgleich die Temperatur der Luft und der Feuchtigkeitsgrad derselben sich während der Zeit mannigfaltig änderte.

Der injicirte Zweig nahm nach und nach wie folgt vom 12. bis 29. Juni täglich Wasser auf 36 Grm., 36 Grm., 35 Grm., 27 Grm., 24 Grm., 19·4 Grm., 18 Grm., 16 Grm., 12·6 Grm., 10 Grm., 9 Grm., 9 Grm., 8 Grm., 8 Grm., 7 Grm., 6·4 Grm., 4·8 Grm. —

Für einen zweiten Versuch wählte ich eine etwas empfindlichere Pflanze, d. i. eine solche, welche durch ihren Stamm von der Wurzel getrennt in kurzer Zeit Zeichen des Welkens darbot, was von der sehr kräftig vor sich gehenden Transspiration herrührte. Diese Pflanze war *Eupatorium canabinum.*

Es wurde ein Wurzeltrieb derselben von ungefähr 3 Fuss Länge und ein Dutzend Blattpaaren mittelst des Schnittendes im Durchmesser von Einem Decimeter mit dem Schenkel einer hufeisenförmig gebogenen Glasröhre durch ein dicht anschliessendes Kautschukrohr in Verbindung gesetzt, und durch den andern Schenkel auf dasselbe ein Wasserdruck von 7 Fuss Höhe continuirlich ausgeübt. Diese Versuchspflanze befand sich grösstentheils im Schatten und war nur an einigen Tagen kurze Zeit von der Morgensonne beschienen worden. Nichts desto weniger zeigte sich dieser stärkere Druck als unzulänglich, um der Pflanze die fort und fort durch Verdunstung verloren gegangene Menge Wassers zu ersetzen. Schon in den letzten Vormittagsstunden traten Tag für Tag Zeichen des Welkens ein, die sich bis 4 Uhr Nachmittags immer vermehrten, von da an aber in Stillstand kamen, so dass über Nacht sich der ursprüngliche Turgor wieder herstellte.

Ein gleich grosser Trieb von *Eupatorium* zur Vergleichung unter denselben Verhältnissen blos in's Wasser gestellt, zeigte die-

selben Veränderungen, die jedoch nur rascher eintraten. Die beifolgenden detaillirten Angaben sollen überdies noch die aufgenommenen Wassermengen anschaulich machen.

Zeit der Beobachtung	*A.* Pflanze mit 7 Fuss Wasserdruck auf die Schnittfläche sog Wasser auf in Grm.	*B.* Pflanze ohne Druck auf die Schnittfläche sog Wasser au in Grm.	Aussehen der beiden Pflanzen
Vom 1. Juli Nachmittags bis 2. Juli 9 Uhr Morgens.	70	27	Gegen Abend beide welk. Über Nacht wieder turgescirend. Um 9 Uhr Morgens beide an den Spitzen welk.
Vom 2. Juli bis 3. Juli Morgens 9 Uhr.	110	27	Nachmittags beide sehr stark welk, *B* mehr als *A*. Um 9 Uhr Morgens beide turgescirend.
Vom 3. bis 4. Juli Morgens 9 Uhr.	100	25	Nachmittags beide sehr stark welk. Um 9 Uhr Morgens beide turgescirend, *A* mehr als *B*.

Ungeachtet die erstere Pflanze das Vierfache an Wasser von der andern erhielt, so war ihre Erhaltung dennoch nicht mehr gesichert, obgleich ihr Welken einen etwas niederen Grad als bei letzterer zeigte. Der Effect, welcher durch das Hineinpressen des Wassers in die Schnittfläche hervorgebracht wurde, liess sich überdies aus der anatomischen Untersuchung beider Versuchspflanzen noch näher ersehen.

Am deutlichsten offenbarte sich der Unterschied im Markkörper, deren Zellen bei *A* über 2 Zoll hoch mit Wasser erfüllt waren, während bei *B* diese Erfüllung nur bis zu einer Höhe von 1 Zoll reichte; in beiden Fällen blieben jedoch die Zellen der Mitte noch immer mit Luft erfüllt.

Der zweite Unterschied zeigte sich in den Spiroiden. In *A* waren alle Gefässe der Corona mit Wasser erfüllt, von den übrigen etwa der dritte Theil und dies selbst auf drei Zoll Entfernung vom Schnittende. Bei *B* war in den Gefässen nur Luft zu bemerken. —

Ganz anders verhielt sich ein eben solcher 4 Fuss hoher, mit ein Dutzend Blätter versehener Zweig, dessen Schnittfläche einem Drucke von 15 Fuss Wasserhöhe ausgesetzt wurde. Nur am ersten Tage um die Mittagsstunde wurde ein Welken der Spitze des Triebes bemerkbar, später trat dies nur einmal aber in minderem Grade wieder ein, und die Pflanze erhielt sowohl bei Nacht als bei Tage ihre vollkommene Steifheit, auch konnte man während einem Zeitraume von 12 Tagen weder das Welken eines Blattes noch irgend eines andern Theiles wahrnehmen, im Gegentheile schritt die Pflanze in ihrer Entwickelung fort, ja die Blumenknospen entfalteten sich zuletzt sogar zur Blüthe, und verglichen mit den Trieben desselben Stockes, von dem er genommen war, ergab sich, dass sie früher zur Blüthe kamen und kräftiger aussahen als jene.

Die Wassermengen, welche der Pflanze täglich durch den Druck hineingepresst wurden, waren übersichtlich zusammengestellt folgende:

Zeit der Beobachtung	Aufgenommenes Wasser in Grm. in 12 Nachtstunden von 8 Uhr Abends bis 8 Uhr Morgens	Aufgenommenes Wasser in Grm. in 12 Tagesstunden von 8 Uhr Morgens bis 8 Uhr Abends	Zusammen	Beschaffenheit der Pflanze
6. bis 7. Juli	48	110	158	Um 1 Uhr Nachmittags Haupt- und Seitenäste welk in einem Bogen niederhängend.
7.—8.	44	89	133	Abends 8 Uhr durchaus turgescirend, selbst um 4 Uhr noch vollkommen gerade und steif.
8.—9.	28	88	116	Immer straff, selbst bei Sonnenschein, der stundenlang auf die Pflanze fiel.

Zeit der Beobachtung	Aufgenommenes Wasser in Grm. in 12 Nachtstunden von 8 Uhr Abends bis 8 Uhr Morgens	Aufgenommenes Wasser in Grm. in 12 Tagesstunden von 8 Uhr Morgens bis 8 Uhr Abends	Zusammen	Beschaffenheit der Pflanze
9.—10.	23·2	86	109·2	Vollkommen straff.
10.—11.	15·6	42.6	58·2	Dessgleichen. In der Nacht kühl und regnerisch, bei Tag trüb mit leichtem Strichregen.
11.—12.	19·0	72	91	Straff. Kühl und regnerisch durch 2 Stunden von der Sonne beschienen noch turgescirend.
12.—13.	23·4	51·6	75	Immer turgescirend. Nachmittag Gewitterregen.
13.—14.	31	94	125	Morgens straff. Mittags die äussersten Spitzen der obersten Blüthenköpfe geneigt, nicht so die untern, auch nicht die Blätter. Temperatur = 19° C.
14.—15.	48	85·5	133·5	Morgens straff, ebenso den ganzen Tag über selbst durch mehrere Stunden von der Sonne beschienen.
15.—16.	30	86	116	Morgens und den ganzen Tag straff.
16.—17.	32	81	113	Sehr frisch aussehend, die Seitenzweige schicken sich zur Blüthe an.
17.—18.	16	57	73	Ebenso die Seitenzweige in Blüthe.
		Zusammen . .	1297·9	

Noch vor Schluss des Versuches liess ich die Wassersäule, welche stets auf gleicher Höhe erhalten wurde, sinken. Allmählich wurde jetzt die injicirte Pflanze weniger rigid, und als die Wassersäule noch nicht auf 8 Fuss Höhe stand, senkte sich schon das Blüthenköpfchen des Endtriebes und jene aller Seitenäste.

Die mikroskopische Untersuchung lehrte, dass das Mark so wie das Holz bis auf die Höhe von 5 Zoll ganz vom Wasser durchdrungen war. In der Höhe von 7 Zoll zeigte sich nur die Hälfte, bei 12 Zoll der dritte Theil der vorhandenen Spiralgefässe injicirt. Immer waren die innersten Gefässe der Corona voll, die der anderen zur Hälfte leer. Auch noch in der Höhe von 24 Zoll war dasselbe zu beobachten; ja bei 36 Zoll waren sogar wieder alle Gefässe des schon wenig umfangreichen Holzkörpers injicirt. Endlich in der Höhe von 48 Zoll war wieder nur die Hälfte der Gefässe mit Wasser erfüllt.

Man ersieht hieraus deutlich, dass es allerdings auf die Grösse des Druckes ankommt, mit dem das Wasser in die Pflanzensubstanz hineingepresst wird, um die Pflanzen turgescirend und daher lebensthätig zu erhalten oder nicht; dass ein schwacher Druck nicht im Stande ist der Pflanze das nothwendige Vehikel ihres Lebens zuzuführen, während ein mässig starker Druck von etwa $^2/_3$ Atmosphäre vollkommen hiezu ausreicht.

Man erkennt aber zweitens aus diesen Versuchen auch, dass der Pflanzenorganismus über der Wurzel sich dabei nicht wie ein todter Körper verhält, in dem das Wasser nach Verhältniss der Stärke des Druckes hineingepresst wird, denn es müsste dann bei stets gleichbleibendem Drucke immer die gleiche Menge Wasser in die Pflanze hineingelangen. Davon sehen wir aber keine Spur. Einmal bemerken wir eine stetige Abnahme der Wasseraufnahme im Verlaufe der Zeit, zweitens sehen wir aber auch den augenscheinlichen Einfluss der Transspiration auf diese Injection, so dass nicht blos die Tagesstunden gegen die Nachtstunden das Doppelte voraus haben, sondern dass auch intercurirende äussere Verhältnisse, die auf die Verdunstung hemmend oder fördernd einwirken, auffallende Veränderungen im Erfolge der Einpressung bewerkstelligen.

Wenn die stetige Abnahme der Injection etwa durch das wachsende Hinderniss erklärt werden könnte, welches die bereits mit Saft erfüllten Pflanzentheile der neuerdings eintretenden Flüssigkeit entgegen setzen, so dürfte auch in dem Wechsel der Injections-

menge von Tag und Nacht hervorgebracht durch den Wechsel der Transspiration zu diesen Zeiten der gleiche Grund zu suchen sein, d. i. die wechselnde Menge von vorhandener Flüssigkeit. Die Transspiration ist nicht bedingt durch die Wasseraufnahme, sondern die Wasseraufnahme durch die Transspiration, obgleich daraus nicht gefolgert werden kann, dass dieselbe gleich einem Saugwerk auf die aufzunehmende Wassermenge wirkt.

Endlich geht aus diesen Versuchen hervor, dass die Zellhaut, wenn sie durch längere Zeit in unmittelbare Berührung mit Wasser kommt, durch Einwirkung auf dieselbe an Permeabilität verliert, und dass sich dies auch auf die nachbarlichen Zellhäute verbreitet. Wird die geschwächte Permeabilität durch grossen Druck überwunden, so stellt sich ein normales Verhältniss her, wie es die Zellhäute der Wurzel zeigen, wo gleichfalls durch die continuirliche Berührung mit der Feuchtigkeit des Bodens eine fortwährende Regeneration der aufnehmenden Zellen nöthig wird.

II.

Im Monate Mai 1863 stellte ich eine Reihe von Versuchen zu dem Zwecke an, um zu erfahren, in welcher Menge und mit welcher Kraft die rohen Nahrungssäfte von der Wurzel der Pflanzen in den Stengel gelangen.

Es wurden zu diesem Versuche theils junge Pflanzen, theils Triebe perennirender und anderer Holzgewächse genommen. Die jungen kräftigen, meist 1—1½ Fuss langen Triebe wurden 1 Zoll hoch über der Wurzel mit einem scharfen Messer abgeschnitten und auf den Stummel mittelst eines luftdicht schliessenden Kautschukrohres ein Manometer gesetzt, welches mit Wasser gefüllt war. Ich modificirte demnach die Versuche Hofmeister's dadurch, dass ich Wasser in Berührung mit der Schnittfläche brachte, in der Meinung durch Benetzung derselben den Austritt des Zellsaftes eher zu befördern als zu hemmen. Der Erfolg lehrte indess, dass in allen Fällen Wasser aus dem Manometer von dem Stammreste aufgenommen wurde, und zwar mit einer Kraft, die das Quecksilber des innern Schenkels des Manometers mehr als 100 Millim. höher über das Niveau des äussern Schenkels hob.

Die Wasseraufnahme nahm anfänglich rasch zu, aber sie verminderte sich später merklich und gelangte nach einiger Zeit in Stillstand, so dass die Kraft der Saugung nach und nach unbedeutend und fast = 0 wurde.

Bald nach der erfolgten Wasseraufnahme, gewöhnlich schon am folgenden Tage, trat zugleich von dem verletzten Stammstücke eine Luftausscheidung ein. Es erhoben sich bald mehr, bald minder rasch kleine Luftbläschen aus der Pflanze, die ihrer Grösse und ihrer regelmässigen Aufeinanderfolge an derselben Stelle nach den Ursprung aus den Spiralgefässen verriethen. Die Menge betrug in ungewöhnlichen Fällen innerhalb 5 Tagen 9·5 Kubikcent., meist war sie aber um die Hälfte geringer.

Die Luftausscheidung, so lebhaft sie zu gewissen Tagen vor sich ging, hörte doch auf und zuletzt kam auch nicht die geringste Menge Luft aus dem verletzten Pflanzenstamme hervor. Die anatomische Untersuchung nach Vollendung der Versuche zeigte überall ohne Ausnahme die meisten Spiralgefässe ihres Luftinhaltes beraubt, und dafür eine braune in Alkohol unlösliche Substanz — eine durch Zersetzung der bereits getödteten Gewebstheile entstandene Huminsubstanz — injicirt. Dabei mangelte jedoch den Intercellulargängen ihr ursprünglicher Gehalt an Luft nicht. Es ist daher kein Zweifel, dass die bei diesen Versuchen aus dem Stamme tretende Luft ihren Ursprung aus den Spiralgefässen nimmt. Auch der Umstand, dass Pflanzen mit kleinen und sparsamen Spiralgefässen, wie z. B. *Verbascum Thapsus* und *Serratula arvensis* nur sehr wenig, dagegen Pflanzen mit weiteren und zahlreicheren Spiralgefässen wie *Vitis* und *Asparagus* bei weitem grössere Quantitäten Luft geben, spricht für die obige Behauptung.

Dies findet auch durch die chemische Untersuchung dieser Luft seine Bestätigung, von der einige grössere und kleinere Quantitäten untersucht werden konnten. Es zeigte sich dieselbe frei von Kohlensäure und reicher an Sauerstoff als die atmosphärische Luft, wie das eben bei der in den Spiralgefässen vorhandenen Luft, der Fall ist.

Dass die Luft aus den Gefässen nicht herausgepresst, sondern vielmehr durch Saugung heraustritt, lässt sich nicht schwer ermitteln. Zwar nehmen die Zellen des Gewebes durch die Schnittflächen mittelst Diffusion hinlänglich Wasser auf, allein man müsste, wenn dieser Druck allein das Hervortreten der Luftbläschen be-

wirkte, diese Erscheinung an jedem in Wasser versenkten Pflanzentheil gewahren, was nicht der Fall ist. Es ist daher ersichtlich, dass es vorzüglich der Druck der Quecksilbersäule ist, welcher den Austritt der Luft aus den durchschnittenen Spiralgefässen bewerkstelligt.

Es ist daher auch ersichtlich, dass die Aufnahme von Wasser durch die Schnittfläche und die durch den Quecksilberdruck verursachte Saugung gewisser Massen in einem Verhältnisse zur ausgeschiedenen Luft steht, d. i. je stärker die Saugung, desto grösser die Luftausströmung, obgleich dies auch mancherlei Schwankungen zu unterliegen scheint, die von der Temperatur, der Zellflüssigkeit, der Durchlässigkeit der Zellmembranen abhängen, und daher nicht sogleich ihre Wirkung auf die unmittelbare Kraftanwendung zu äussern im Stande sind.

Nur ein einziges Mal trat statt der Saugung auch eine Saftausscheidung von Seite der Pflanze ein, und zwar mit einer Kraft, die die Quecksilbersäule des Manometers auf 70 Millim. hob; allein diese Ausscheidung ging innerhalb 24 Stunden wieder in Saugung über.

Nachdem ich in Erfahrung gebracht hatte, dass die durchschnittenen Zweige und Schösslinge an ihren mit der Wurzel in Verbindung gebliebenen Theile Wasser mit grosser Begierde und mit Überwindung eines bedeutenden Widerstandes aufsaugen, so war es mir nun erwünscht zu erfahren, ob bei einem mässigen Drucke, wie sie ungefähr eine Wassersäule von 1 Fuss Länge gibt, nicht auch eine Ausscheidung des rohen von der Wurzel aufgenommenen Saftes erfolge. Die an Ahorn, Birken und anderen Holzgewächsen zur Zeit des Blutens angestellte Versuche haben gelehrt, dass der von der Wurzel ausgeübte Druck auf den rohen im Holzkörper dieser Pflanze vorhandenen Saft einen Gegendruck von $1\frac{1}{2}$ Atmosphäre zu überwinden im Stande ist. Es war daher zu vermuthen, dass zur Zeit als die Pflanze eine ungleich grössere Menge Saft für die Bildung neuer Stengel und Blätter bedarf, dieser Druck viel bedeutender sein müsse. Die Erfahrung hat dies durchaus nicht bestätigt.

Sowohl die Rebe als die Birke u. s. w. nehmen an der Wurzel, am Stamme und an den Zweigen verletzt und mit Wasser in Berührung gebracht, dasselbe begierig auf und geben nicht den kleinsten Theil ihres rohen Saftes nach aussen ab.

Dasselbe findet auch an allen krautartigen Pflanzen Statt, jedoch treten hier Modificationen ein, die ich nachstehend im Detail anführen werde. Die Versuche mit diesen Pflanzen wurden auf folgende Weise ausgeführt.

Ich schnitt am Wurzelhalse hart unter den ersten meist schon vertrockneten Blättern den Stamm mittelst eines scharfen Messers durch und setzte rasch ein genau anschliessendes Kautschukrohr luftdicht an den Stummel. In das obere Ende der 2—3 Zoll langen Kautschukröhre wurde ebenso luftdicht im Manometer eingesetzt, das mit Wasser gefüllt war und einen Druck auf die Wundfläche von 1—1½ Fuss ausübte.

Die Versuche wurden stets so lange im Gange erhalten, bis zu vermuthen war, dass durch den Einfluss des Wassers die Wundfläche schon zu maceriren anfing. Die im Monate Juni an *Asparagus-* und *Solanum*-Schösslingen von 1½ Fuss Länge, ferner an eben so langen und reichbeblätterten Pflanzen von *Echium*, *Verbascum*, *Erigeron*, *Serratula* und *Chenopodium* gemachten Erfahrungen waren durchaus nicht übereinstimmend, in vieler Beziehung sogar widersprechend. Ich lasse hier das Detail folgen, wobei ich nur bemerke, dass die Versuche stets Abends begonnen und das Resultat der Abscheidung oder Aufsaugung jedesmal nach Verlauf von 12 Stunden notirt wurden.

Es zeigte *Serratula arvensis*

	Nach Verlauf von 12 Nachtstunden		Nach Verlauf von 12 Tagesstunden	
	Abscheidung	Aufsaugung	Abscheidung	Aufsaugung
Juni 10.	0·5 Grm.	—	—	11·0 Grm.
„ 11.	1·0 „	—	—	4·2 „
„ 12.	0·01 „	—	—	1·5 „
„ 13.	0·1 „	—	—	0·0 „
	1·61 Grm.	—	—	16·7 Grm.

Und *Verbascum nigrum*

	Nach Verlauf von 12 Nachtstunden		Nach Verlauf von 12 Tagesstunden	
	Abscheidung	Aufsaugung	Abscheidung	Aufsaugung
Juni 10.	—	4·2 Grm.	—	2·3 Grm.
„ 11.	—	1·5 „	—	2·3 „
„ 12.	—	1·0 „	—	1·1 „
„ 13.	—	0·0 „	—	0·0 „
		6·7 Grm.		5·7 Grm.

Eine grössere Reihe von Versuchen wurde am 14. Juni begonnen und durch 11 Tage fortgesetzt. Das Resultat davon gibt folgende Übersicht, wobei ich nur bemerke, dass das + Zeichen Abscheidung, — hingegen Aufsaugung bedeutet, die erste Rubrik stets die 12. Nacht, die zweite Rubrik die 12 Tagesstunden bedeutet.

	Sarratula arvensis		Serratula arvensis		Solanum tuberosum		Echium vulgare		Erigeron canadense		Asparagus officinalis		Chenopodium viride	
	Nacht-stunden	Tages-stunden	Nacht-stunden	Tages-stunden	Nacht-stunden	Tages-stunden	Nacht-stunden	Tages-stunden	Nacht-stunden	Tages-stunden	Nacht-stunden	Tages-stunden	Nacht-stunden	Tages-stunden
	in Grammen													
Juni 14.	+2·3	—1·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
„ 15.	+0·0	—1·0	—0·3	—3·0	+1·2	—0·2	—3·0	—3·0	+0·3	—0·7	—	—	—	—
„ 16.	—0·2	—1·2	0·0	—2·0	+1·5	—0·8	—7·0	—2·0	—1·8	—0·6	—	—	—	—
„ 17.	—0·2	—1·1	—0·3	—1·3	+0·3	—0·8	—1·0	—1·6	—2·2	—1·0	—4·3	—4·3	—	—
„ 18.	+0·2	—1·7	+1·0	—1·1	—2·0	—1·4[1])	—1·1	—1·8	—1·0	—1·1	—2·0	—1·8	—	—
„ 19.	+0·2	—0·3	+0·3	—1·0	—0·2	—2·0	—0·8	—1·3	—	—	—0·8	—1·0	—3·0	—0·4
„ 20.	0·0	—0·1	—0·1	—0·3	—1·6	0·0	—0·7	—1·0	—	—	—0·3	—0·8	—0·4	—0·2
„ 21.	0·0	—0·2	+0·1	—1·0	+0·1	+0·1	—0·8	—0·8	—	—	—0·1	—1·4	—0·8	—0·1
„ 22.	—	—	—	—	+0·3	0·0	—0·3	—0·8	—	—	—0·6	—1·0	—0·4	—
„ 23.	—	—	—	—	0·0	—	—0·1	—	—	—	—0·8	—	—	—
	Hieratium Sabaudum		Clematis Vitalba		—		—		—		—		Chenopodium viride	
„ 20.	—	—	—	—	—		—		—		—		—	—2·5
„ 21.	—	—	—	—	—		—		—		—		—3·0	—1·0
„ 22.	—2·0	—1·3	—	—	—		—		—		—		—3·0	—0·05
„ 23.	—1·1	—2·1	—16·0	—20·0	—		—		—		—		—0 05	—
„ 24.	—0·1	—	— 9·0	—	—		—		—		—		—	—

[1]) Von hier an ein anderes Exemplar derselben Art.

An diese Versuche knüpfte ich noch andere Versuche mit krautartigen Pflanzen und Holzgewächsen an. Die Resultate waren dieselben, insbesonders zeigten letztere sowohl am Stamm als an den Wurzeln, mit einem Aufsaugungsapparat in Verbindung gesetzt, immer nur eine in grossem Massstabe erfolgte Aufnahme von Wasser, nie aber auch nur die geringste Abgabe von Flüssigkeiten, die möglicher Weise durch die Wurzeln aufgenommen sein konnten. Diese Versuche waren unter andern auch an Reben, an Birken und Hainbuchen angestellt. Bei allen wurde das Wasser mit Begierde aufgesogen, niemals etwas abgegeben, wie das doch zur Zeit des Thränens in so hohem Maasse erfolgt.

Überblickt man die hier im Detail dargestellten Angaben genauer, so ersieht man wohl, dass auch eine Abgabe von Saft aus den Wunden hie und da, wenn gleich nicht in der Regel erfolgte, dass aber diese Abgabe fast ausnahmslos während der Nacht stattfand. Vergleicht man indess die Aufnahme gegen die Abgabe für den Zeitraum des ganzen Versuches, so ersieht man, dass diese gegen jene nur einen ganz kleinen aliquoten Theil ausmacht. So ergibt sich z. B. dass *Serratula arvensis* in 4 Tagen durch die Wundfläche 16·7 Grm. Wasser einsogen, dagegen nur 1·61 Grm., d. i. nicht einmal den zehnten Theil derselben wieder ausgeschieden hat. Ein zweites Exemplar derselben Pflanze nahm in 8 Tagen 7·2 Grm. auf, schied dagegen 2·9 Grm. ab, und zwar die grösste Menge am ersten Tage, in den übrigen Tagen nur unbedeutende Mengen, ja es traf sich, dass während der Nacht sogar eine geringe Aufnahme von Wasser stattfand. Ein drittes Exemplar gab zur selben Zeit 1·4 Grm. ab, nahm dagegen 10·6 Grm. auf.

Auch an den Wurzelsprossen von *Solanum tuberosum* liess sich eine geringe Abgabe von Saft bemerken, obgleich die Aufsaugung jene sattsam übertraf. Abgesehen von der Aufsaugung, die bei der ersten Zusammenstellung des Apparates stattfand und sich auf mehrere Gramme belief, blieb die Aufnahme innerhalb 3 Tage nur auf 1·8 Grm. beschränkt, während die Abscheidung 3·0 Grm. betrug. Ein zweites Exemplar von *Solanum tuberosum* nahm 7·2 Grm. Wasser auf, gab aber nur 0·7 Grm. Flüssigkeit ab, und dieses ausnahmsweise sogar einmal in sehr geringer Menge während der Tagesstunden.

Ein noch vollständigeres Experiment ist folgendes. Ein 1—2 Fuss hoher beblätterter Wurzelschössling von *Eupatorum canabinum* wurde 1 Zoll hoch über der Wurzel abgeschnitten und an den Stummel ein mit Kautschuk luftdicht schliessendes mit Wässer gefülltes Manometer angesetzt. Die Aufnahme des Wassers durch die Schnittfläche so wie die Abscheidung der Flüssigkeit und Luft wurde mehrmals des Tages gemessen und zugleich der Druck notirt, unter welchen jene Functionen stattfanden. Übersichtlich zusammengestellt zeigt sich das Resultat folgendermassen.

Datum	Tagesstunden	Menge der durch die Schnittfläche aufgenommenen Flüssigkeit in Kubik-Centim.	Bei Überwindung eines Druckes der Quecksilbersäule in der Länge von Millim.	Menge der gleichzeitig ausgeschiedenen Luft in Kubikcent.	Menge der durch die Schnittfläche ausgeschiedenen Flüssigkeit in Kubikcent.	Bei Überwindung eines Druckes der Quecksilbersäule in der Länge von Millim.	Beschaffenheit des Bodens
Mai 17.	12	3·0	100	0·1	—	—	—
	8	0·3	110	0·8	—	—	—
„ 18.	6	—	77	0·6	0·99	—	—
	10	—	69	—	0·24	—	—
	12	0·39	82	—	—	—	—
	3	0·24	90	—	—	—	—
	8	—	82	0·5	0·24	—	—
„ 19.	12	—	66	1·7	0·48	—	—
	2				Heftiger	Gewitterregen	—
	6	—	—	—	3·60	6	—
„ 20.	7	—	—	1·4	1·05	71	—
	1	1·05	—	1·0	—	30	—
	8	0·60	10	0	—	—	—
„ 21.	7	0·10	19	0	—	—	—
	12	0·20	25	0	—	—	—
„ 22.	8	0·45	48	0	—	—	—
	3	0·25	53	0	—	—	—
	8	0·10	63	0·6	—	—	—
„ 23.	8	0	47	0·4	0	—	—
	3	0·4	54	0·3	0	—	—
	6	0	53	0	—	Gewitterregen	
„ 24.	8	0	42	0	0·06	—	—
	2	0	37	0	0	Gewitterregen	
	6	0	41	0	0	—	—
„ 25.	8	0·16	42	0	—	—	—
	1	0·01	40	0	—	—	—
	6	0	45	0	0·06	—	—

Datum	Tagesstunden	Menge der durch die Schnittfläche aufgenommenen Flüssigkeit in Kubikcentim.	Bei Überwindung eines Druckes der Quecksilbersäule in der Länge von Millim.	Menge der gleichzeitig ausgeschiedenen Luft in Kubikcent.	Menge der durch die Schnittfläche ausgeschiedenen Flüssigkeit in Kubikcent.	Bei Überwindung eines Druckes der Quecksilbersäule in der Länge von Millim.	Beschaffenheit des Bodens
Mai 26.	8	0	45	0	0·27	Gewitterregen	
	1	0·02	29	0	—	—	—
„ 27.	8	0	32	0	0·10	—	—
	2	—	13	0	0·25	—	—
	7	—	12	0	0·30	—	—
„ 28.	7	—	10	0·1	0·12	—	—
	3	0·03	2	0	—	—	—
„ 29.		—	—	—	—	—	—
„ 30.		—	—	—	—	—	—
„ 31.		—	1	0	0·3	—	—
		7·30		7·50	8·06	—	—

Es wird hieraus klar, dass die Aufnahme des Wassers durch die Schnittfläche und die Ausscheidung der Luft durch dieselbe sich der Quantität nach fast gleich verhalten; ferner dass die Ausscheidung von Flüssigkeit die Aufnahme derselben nur wenig übersteigt und ihren Grund in der durch reichliche Zufuhr des Wassers erfolgten Bodenfeuchtigkeit hatte.

Aus allen diesen Experimenten ergibt sich, dass die Saftabscheidung aus verletzten Stengeln durchaus nicht aus derselben Saftfülle hergeleitet werden kann, wie sie bei thränenden Pflanzen in einer gewissen Periode stattfindet. Zunächst ist hiebei wohl an die bedeutende Wasseraufnahme durch die mittelst des Schnittes blossgelegten Zellen zu denken, wodurch nothwendig ein turgescirender Zustand hervorgerufen werden muss. Dieser Turgor vermindert sich fast regelmässig durch die erhöhte Elasticität des Zellgewebes während der Nacht, und die unmittelbare Folge davon muss das Austreten eines Theiles der Flüssigkeit durch die Wundstelle sein, d. i. durch dieselbe Stelle, durch die bei Tag Flüssigkeit in erhöhtem Masse aufgenommen wurde. Es hat also dieses Phänomen der Ausscheidung von Flüssigkeit durch die Wunde nichts mit den rohen durch die Wurzelthätigkeit aufgenommenen Nahrungssaft zu thun, und ist lediglich von dem verschiedenen Verhalten des Zellengewebes bei Tag und Nacht zu suchen. Nur dort, wo besonders

reichliche Zufuhr des Wassers zu den Wurzeln stattfindet, ist auch vermehrte Ausscheidung durch die Wundfläche in Folge endosmotischer Wirkung nicht zu verkennen. Die Wasseraufnahme der Wurzel ist daher grösstentheils durch die Thätigkeit der oberirdischen Pflanzentheile bedingt.

Um sicher zu sein, dass im gewöhnlichen Gange denn doch kleine Quantitäten des von der Wurzel aufgenommenen Nahrungssaftes bei dieser Ausscheidung interveniren, so modificirte ich die Versuche der Art, dass eine solche Ausscheidung nothwendig hätte ersichtlich werden müssen, wie sie ja stattgefunden hätte. Ich wendete statt Wasser eine concentrirte Gummilösung an, welche voraussichtlich in einem solchen Diffusionsverhältnisse zu dem Zellsafte der verletzten Stengel stand, dass eine Aufnahme durch die Schnittfläche nicht erfolgen konnte, dass aber nichts desto weniger eine Ausscheidung von Pflanzensaft selbst in kleinster Quantität hätte ersichtlich werden müssen. Ich experimentirte mit jungen Pflanzen von *Serratula arvensis*, *Helianthus annuus* und Turionen von Spargel.

In keinem dieser Fälle war nach mehrtägiger Beobachtung auch nur die geringste Zu- oder Abnahme der Flüssigkeitssäule in dem damit verbundenen Glasrohre zu erkennen.

Man sieht nun aus diesen Versuchen, dass man sich in einem Irrthum befindet, wie man glaubt, dass die Versorgung der beblätterten Stengel u. s. w. durch die Druckkraft der Wurzel geschieht, die den von ihr aufgenommenen rohen Nahrungssaft bis in die Spitzen des Stammes und der Äste, so wie in die damit verbundenen Blätter treibt.

III.

Durch die Transspiration verliert die Pflanze in kurzer Zeit den grössten Theil ihres wässerigen Inhaltes. Wenn daher nicht fortwährend ein Ersatz der an die Luft abgegebenen Feuchtigkeit stattfindet, so müssen alle Processe des Stoffwechsels, welche nur durch gelöste Substanzen möglich sind, sistiren, und in den meisten Fällen findet darauf auch der Tod Statt.

Bei der Transspiration wird aber nicht blos das in den Zellräumen befindliche Wasser dunstförmig fortgeschafft, sondern die

mit Flüssigkeit durchtränkten Membranen verlieren gleichfalls einen Theil derselben. Das Ergebniss dieses Wasserverlustes ist ein geringerer Grad der Spannung der Zellhaut (Turgescenz) und endlich ein Zusammenschrumpfen, eine Faltung der Haut selbst.

Will man in Erfahrung bringen, wie sich Zellinhalt und Haut bei solchen Umständen gegen Wasser, das ihrem Gewebe durch eine Schnittfläche dargeboten wird, verhält, so ist folgende Vorrichtung geeignet, Licht darüber zu verbreiten.

Man verbindet den unteren Theil des abgeschnittenen Stengels oder Zweiges luftdicht mittelst eines Kautschukrohres mit einer doppelt gebogenen Glasröhre, die ganz mit Wasser gefüllt ist und taucht das untere Ende derselben in Quecksilber. Die Pflanzen werden hinsichtlich ihrer Organisation unter gleichen Umständen zwar einige Verschiedenheiten zeigen, sich aber im Ganzen gleich verhalten.

Am 13. Juli nahm ich einen 16 Zoll langen, starken mit Blättern versehenen Trieb von *Solanum tuberosum*, den ich auf die angegebene Weise mit dem Manometer verband. Nachmittag bei mässiger Wärme hatte sich durch das von der Schnittfläche eingesogene Wasser die Quecksilbersäule um 8 Millim. gehoben, ohne dass deutliche Spuren des Welkens eingetreten wären. Als diese jedoch nach einer Stunde sichtbar wurden, war das Quecksilber wieder auf 0 Punkt gesunken, und erhob sich in der Folge nicht mehr, während welcher Zeit das Welken auch seinen Fortschritt nahm.

Am 14. Juli 11 Uhr Vormittags wurde ein saftiger Trieb von gleicher Länge mit 6 Blattpaaren in Untersuchung genommen. Schon nach einer Stunde traten deutliche Zeichen des Welkens an der Spitze des Triebes und an den Blättern ein ohne Einfluss auf die Wasseraufnahme. Mit dem Fortschreiten des Welkens fing die Pflanze erst an einzusaugen und nach $4^1/_2$ Stunden war das Quecksilber schon um 52 Millim. nach 7 Stunden auf 74 Millim. und nach 11 Stunden um 107 Millim. gehoben, ungeachtet das Welken stets zunahm. Während der Nacht saugte der Druck der Quecksilbersäule Luft aus der Pflanze, und es fiel diese auf 0 und änderte sich nicht mehr.

Am 15. Juli Morgens wurde mit einem 3 Fuss langen, mit 20 grösseren und kleineren Blättern besetzten Stengel experimentirt.

Ein Welken der Spitzen des Haupttriebes und der Seitenäste, so wie der kleinen zarten Blätter war sogleich zu bemerken. Man sah aber auch sogleich ein Aufsaugen des Wassers und eine Erhebung des Quecksilbers, so dass dasselbe nach einer Stunde bereits um 36 Millim. gehoben war.

Es wurden nun an beblätterten Zweigen von Reben, von Holunder so wie an Stengeln von Hanf die gleichen Versuche fortgesetzt. Auch diese wurden mit scharfen Querschnitten mittelst eines eng anschliessenden Kautschukrohres an den aufwärts gerichteten Schenkel eines doppelt hufeisenförmig gebogenen Glasrohres luftdicht angefügt, während das andere Schenkelende in Quecksilber tauchte. Die Versuche dauerten vom 15.—17. Juli (1863).

Die Quecksilbersäule erhob sich bei dem Holunder von Früh bis Abends nach und nach um 30 Millim. Über Nacht fiel sie auf 0; die Blätter begannen zu trocknen und waren am dritten Tage ganz dürr.

Länger hielt der Rebenzweig aus. Die Quecksilbersäule des Apparates erhob sich von Früh bis 3 Uhr Nachmittags um 65 Millim., dabei wurden die grösseren Blätter und die Spitze des Zweiges etwas welk. Bis Abends fiel jedoch die gehobene Quecksilbersäule wieder auf 0. Nachdem die aus der Schnittfläche ausgetretene Luft entfernt wurde, erfolgte am nächsten Tage die Hebung des Quecksilbers um mehr als 40 Millim., wobei das Welken zunahm. Nachdem in den folgenden zwei Tagen das Quecksilber nur mehr die Höhe von 15 Millim. erreichte, trat Dürre des ganzen Gewächses ein. Auch die mit einem beblätterten Stengel der *Canabis sativa* gleichzeitig unternommenen Versuche gaben ein gleiches Resultat. Von Früh bis 6 Uhr Abends stieg das Quecksilber bis auf 35 Millim., fiel dann durch Austreten von Luft auf 0, stieg nach Entfernung derselben wieder auf 25 Millim., konnte sich aber in den folgenden 3 Tagen nie mehr über 1 Millim. erheben, wobei endlich vollkommenes Welksein eintrat.

Ich dehnte nun meine Versuche selbst auf unverletzte Pflanzen aus. Dieselben wurden theils mit ihren bereits entwickelten Wurzeln vorsichtig aus dem Boden gehoben, oder von Samen im Wasser gezogen, die daher unverletzt ihre Wurzeln zum Versuche darboten.

Auf solche Weise hob ich im Monate August (1863) ein mittelgrosses Exemplar von *Polygonum lapathifolium* aus der Erde und

cultivirte es durch einige Zeit im Wasser, bis sich zu den vorhandenen noch mehrere neue Wurzeln entwickelten. Jetzt wurde der untere Theil des Stengels im Halse der Flasche durch einen Korkpfropf mit Beihilfe von Baumwachs der Art luftdicht verschlossen, dass kein Druck auf denselben erfolgen konnte. An einer zweiten Öffnung des Pfropfes wurde eben so luftdicht eine hufeisenförmig gebogene Glasröhre angesetzt. Nachdem die Flasche so wie die Röhre vollkommen mit Wasser gefüllt waren, ohne dass Luftbläschen zu bemerken waren, wurde der bei 30 Zoll lange Schenkel der Röhre in ein Gefäss mit Quecksilber gestellt.

Auch hier zeigte sich in kurzer Zeit in Folge der Verdunstung des beblätterten Theiles der Pflanze bald eine Verminderung des Wassers, dem eine Hebung des Quecksilbers im längeren Schenkel der Röhre entsprach. Der genaue Verlauf des Versuches war folgender:

Als um 3¼ Uhr Nachmittags am 25. August der Apparat in Gang kam, zeigte sich schon ½ Stunde darauf das Quecksilber um 1 Zoll gehoben. Die absorbirte Menge des Wassers belief sich auf ungefähr 2 Grm. Allein kurz darauf sank das Quecksilber wieder auf 0, während sich aus den verletzten Stellen sonst vollkommen gesunder Wurzeln zahlreiche Luftbläschen entwickelten. Der Druck der gehobenen Quecksilbersäule hatte hier offenbar saugend auf die in den Spiroiden der Wurzel enthaltene Luft gewirkt und den Widerstand des zartwandigen Zellgewebes der Wurzelrinde überwunden.

Tags darauf erfolgte, nachdem durch horizontale Lage des Schenkels jeder Druck aufgehoben wurde, bei Erneuerung des Versuches eine Hebung des Quecksilbers sogar auf 2 Zoll, bevor die ersten Luftbläschen aus neuen Wunden der Wurzeln hervortraten. Auch jetzt fiel das gehobene Quecksilber sogleich auf 0. Nach einer ähnlichen Pause wie zuvor, bei der aller Druck beseitigt worden war, ward abermals der Versuch erneuert. Indess hatten sich die neugebildeten Adventivwurzeln, die binnen 2 Tagen die Länge von 2 Linien erlangten, nach 4 Tagen bereits auf 12 Linien ausgedehnt. Die Temperatur der Luft betrug 22° C. Aber auch jetzt war das Resultat kein anderes und selbst die neuen Wurzeln liessen auf den geringsten Druck Luftbläschen ausströmen.

Ich nahm ein zweites Exemplar derselben Pflanzenart und liess es eine Woche im Wasser vegetiren. Es entwickelte sich ein starkes

Wurzelgeflecht. Am 13. September verfuhr ich mit diesem wie mit dem früheren.

Über Tags hob die Transspiration die Quecksilbersäule auf 4 Zoll Höhe; nun aber trat eine rasche Luftausscheidung aus dem zerrissenen Wurzelparenchym ein, und das Quecksilber sank sogleich auf 0. Tags darauf erhob sich das Quecksilber zwar wieder, sank aber eben so schnell auf dasselbe Niveau, woraus hervorgeht, dass die kräftige Transspiration bei Tag die Luftausscheidung etwas überwiegt, was bei der Nacht nicht stattfindet.

Noch weniger günstige Resultate lieferten die Versuche mit jungen Fisolen, deren Wurzeln unverletzt waren, indem die Keimung derselben im Wasser vor sich ging. Auf dieselbe Weise, wie die erwachsenen Pflanzen von *Polygonum* in eine luftdicht schliessende Vorrichtung gebracht, zeigte einen noch viel geringeren Druck der gehobenen Quecksilbersäule, während welchem der Austritt der Luft aus dem verletzten Parenchym der Wurzeln erfolgte, aber auch der mehrmals abgebrochene und mit verschiedenen Individuen vorgenommene Versuch führte stets zu gleichem Ende.

Denselben Erfolg zeigten die Versuche, in welchen die Pflanzen durch unorganische poröse Körper ersetzt wurden. Einen halben bis ein Zoll dicke Platten von grobem gebranntem Thon (Ziegelthon), von feinem gebranntem Thon (aus der Fabrik von Leobersdorf bei Wien) oder von erhärtetem Gyps wurden luftdicht mit einer Glasröhre in Verbindung gebracht und diese mit Wasser gefüllt. Durch die stäte Verdunstung an der Oberfläche dieser porösen Körper wurde ein fortwährender Ersatz durch das Wasser der Röhre nothwendig, und dieses geschah hier gleichfalls mit solcher Energie, dass ihr unteres Ende in Quecksilber gesetzt, dasselbe allmählich zu einer bedeutenden Höhe erhob.

Die genauen Bestimmungen ergaben, dass z. B. eine Oberfläche des Gypses von 452·4 Quadratmillim. in 24 Stunden 1·5 Grm. Wasser verdunsteten, während eine gleich grosse Wasserfläche zur selben Zeit (im Atmometer) nicht mehr als 0·36 Grm. verlor, was nur durch die nicht vollkommen ebene Oberfläche, welche der Gyps hatte, erklärt werden kann.

In demselben Apparate hatte sich durch diese 24 Stunden das Quecksilber auf 171 Millim. erhoben, der trockene und befeuchtete Thermometer zeigte um die Mittagszeit 16·4° — 12·4° C. In den

darauffolgenden 48 Stunden erreichte die Quecksilbersäule schon die Höhe von 231 Millim. Die beiden Thermometer hatten 17·1°—13·4° C. Jetzt die verdunstende Gypsoberfläche mit der gleich grossen Wasserfläche und einer eben so grossen Blattfläche (von *Polygonum amphybium*) in Vergleichung gebracht, hatte sie kaum das Dreifache verdunstet, während sie anfänglich mehr als das Vierfache (4·3) betrug. Erst bei einer Hebung des Quecksilbers auf 480 Millim. (18¼ Zoll) hatte die mittlerweile aus dem Wasser um den porösen Körper ausgetretene Luft eine continuirliche Schicht zwischen dem porösen Körper gebildet und dadurch einen Stillstand im Steigen der Quecksilbersäule herbeigeführt.

Um diesem Übelstande zu begegnen, hatte ich durch eine Krümmung des oberen Theiles der Glasröhre, wodurch die verdunstende Oberfläche des porösen Körpers nach unten gewendet wurde, eine Ansammlung der hervortretenden Luftblasen im obersten Theile der Krümmung bewerkstelligt und auf diese Weise den porösen Körper auf längere Zeit in Berührung mit dem Wasser erhalten.

Jetzt stieg das Quecksilber auf 580 Millim. (22 Zoll) d. i. auf jene Höhe, welche auch Herr Dr. Böhm in seinen Versuchen mit den Weidenzweigen erzielte [1]).

IV.

Die Frage, wie der Nahrungssaft in den Pflanzen von den untersten Theilen derselben zu den obersten gelange, gehört noch immer zu den stehenden Problemen, so vielfältig man sich auch bemüht hat, dasselbe zu lösen. Einen gleichen Versuch sollen auch nachfolgende Zeilen bezwecken.

Es handelt sich dabei sowohl die Wege ausfindig zu machen, die derselbe von den Wurzelenden bis zu den Zweigen und Blättern verfolgt, als zugleich die Kraft zu bestimmen, welche diese Bewegung des Saftes — in der Regel der Schwere entgegen — bewerkstelliget.

Wenn die krautartigen, meist minder hohen Gewächse der Erklärung jenes Vorganges scheinbar weniger Hindernisse entgegen-

[1]) Über die Ursache des Saftsteigens in den Pflanzen: Sitzungsberichte der kais. Akad. der Wissenschaften. Bd. 48.

stellen, so wachsen die Schwierigkeiten sobald man auf die baumartigen Pflanzen übergeht, und doch ist zu erwarten, dass derselbe sowohl bei den einen als bei den anderen in gleicher Art stattfindet.

Gewöhnlich stellt man sich die Pflanze als ein System neben und über einander gestellter Schläuche vor, die aus imbibitionsfähiger Substanz gebildet sind, und die entweder Flüssigkeiten enthalten, oder statt diesen theilweise oder ganz mit Luft erfüllt sind.

In der Regel sind die Schläuche allerdings vollkommen geschlossen, bis auf einige, die zu langen luftführenden Schläuchen mit einander verschmolzen (Gefässe); dagegen zeigen die Holzpflanzen gerade in jenen Theilen, die zur Leitung des Nahrungssaftes bestimmt sind, solche Schläuche, die durch freie Öffnungen (behofte Tüpfel) mit einander in unmittelbarer Communication stehen.

Da eben diese letztere Thatsache neuerdings geleugnet wurde, halte ich es für erspriesslich, diesen Gegenstand einer wiederholten Prüfung zu unterziehen.

Am einfachsten unter allen Holzpflanzen ist wohl die Structur des Nadelholzes, indem zum Baue derselben nur zweierlei Elementarorgane nothwendig sind, die wenigen Spiroiden abgerechnet, die in kleiner Anzahl an der Grenze des Mark- und Rindenkörpers gelegen sind. Sind ferner die Parenchymzellen des Holzes (mit Ausnahme der Markstrahlen) gleichfalls nur auf einzeln zerstreute Bündeln beschränkt, so bilden die Prosenchymzellen (Tracheen) fast ausschliesslich die Masse des Holzes und dieses erlangt daher in dieser Familie der Pflanzen eine Gleichartigkeit in allen seinen Theilen.

Dass der rohe Nahrungssaft vorzüglich durch diese spindelförmigen Schläuche seinen Weg von unten nach oben suchen muss, liegt auf der Hand.

Die längsten dieser spindelförmigen Zellen haben z. B. im Holze von *Pinus silvestris* eine Länge von 1·3—1·7 Millim. bei einer Breite von 0·022 Millim., gehören also ihrer Grösse nach zu so kleinen Schläuchen, dass man sie mit freiem Auge kaum zu unterscheiden im Stande ist. Diese winzigen Schläuche stehen der Art geordnet neben und über einander, dass, da sie sich horizontal in gleicher Höhe an einander reihen, über einander nur mit ihren Endspitzen in einander greifen. Nur bei der fast gleichen Länge aller dieser Elementartheile ist diese Regelmässigkeit des Baues möglich.

Obgleich die Cellulosehaut der meisten dieser Tracheen von ungleicher Dicke ist, so kann doch im günstigsten Falle das Lumen oder die innere Weite derselben zu 0·011 Millim. angenommen werden, und es stellt daher dieses Elementarorgan, durch welches der Nahrungssaft seinen Weg nehmen muss, ein sehr enges oben und unten geschlossenes Haarröhrchen dar. Ein Paar solcher isolirter Tracheen des Föhrenholzes in verschiedener Lage stellt Fig. 1 *b* und *c* in einer 240maligen Vergrösserung dar.

Es frägt sich nun, ob diese geschlossenen Haarröhrchen nicht irgendwie seitlich unter einander in unmittelbarer Verbindung stehen? Schon bei dieser Vergrösserung gewahrt man an ihnen eigenthümliche Bildungen, die napfförmigen Vertiefungen gleichen und die man schon lange als behöfte Tüpfel bezeichnete. Es ist nicht erfreulich gestehen zu müssen, dass sich die Ansichten über den Bau derselben unter den Anatomen noch keineswegs geeiniget haben.

Seit wir ihre Entwickelungsgeschichte kennen, wissen wir, dass jene Stellen der Zellhaut, wo ein Tüpfel entsteht, anfänglich durch eine kreisrunde Falte nach innen begrenzt wird, und dass diese Faltung wie an der einen auch an der benachbarten Zelle der Art zunimmt, so dass zuletzt nur eine kleine Öffnung übrig bleibt. Es entsteht dadurch eine in die Zellhöhlung hineinragende napfförmige Vertiefung, welche aber nach aussen noch immer durch die primäre Membran geschlossen ist. Die beiden Vertiefungen in den nachbarlichen Zellen an einander stossend, bilden daher einen linsenförmigen Hohlraum, der durch die fest an einander schliessenden Zellmembranen dieser Zellen in zwei Theile getheilt ist. Bald wird nun diese doppelte Scheidewand resorbirt und es treten dadurch beide Zellen durch die zu beiden Seiten ohnehin offenen tüpfelförmigen Stellen der Falte in unmittelbare Verbindung. Es stellt Fig. 2 zwei solcher auf den Längenschnitt halbirte Tüpfel in 1000maliger Vergrösserung vor.

Dieser, man kann wohl sagen, nunmehr vorherrschenden Ansicht, tritt die Darstellung Hartig's entgegen, die durch ein Experiment noch eine Stütze mehr erhielt. Er machte im Coniferenholz eine Injection mit einer gefärbten Flüssigkeit [1]). Da dieselbe nur eine äusserst kurze Stelle vordrang, nämlich

---

[1]) Über die Schliesshaut des Nadelholztüpfels. Bot. Zeitung 1863. Nr. 410, S. 293.

ungefähr so weit, als die durchschnittenen Tracheen des Holzes reichten, so schloss er: „dass eine offene Verbindung zwischen den leitenden Holzzellen nicht bestehe."

Die Versuche auf dieselbe Weise, wie sie Herr Hartig machte, durchgeführt, haben mir zwar das gleiche Resultat geliefert, allein ich erkannte zugleich, dass dem weiteren Vordringen der Injectionsflüssigkeit (aufgelöste feine Tusche von Zinnober) nicht der Verschluss der Tüpfel, sondern das theilweise oder ganze Erfülltsein der Tracheen mit Luft, Hindernisse im Wege lägen, die der Druck der Atmosphäre nicht zu überwinden im Stande war.

Aus den Versuchen Jamin's [1]), die ich bestätigen kann, wissen wir, dass Haarröhrchen theilweise mit Luft und Wasser erfüllt, selbst durch einen Druck von drei Atmosphären weder für die eine, noch für die andere Erfüllungssubstanz wegsam werden.

Unter diesen Umständen also, in welchen sich die leitenden Zellen des Holzes in der Regel befinden, gelingt es mit den gewöhnlichen Mitteln nicht, Flüssigkeiten durch das Holz hindurch zu pressen [2]).

Herr Hartig sucht indess noch auf eine andere Weise das Verschlossensein der Tüpfel zu beweisen. Querschnitte sowohl als Längenschnitte von solchem injicirten Holze durch starke Vergrösserungen betrachtet, zeigten ihm zwar das Innere der Zellen, so wie die linsenförmigen Tüpfelräume mit der Injectionsmasse erfüllt, allein er behauptet, dass dieselbe nur von Einer Seite, respective von bestimmten Zellen in diese Zwischenräume eingedrungen sei, während die nachbarliche Zelle dabei keinen Antheil nahm.

Ich fand das Gegentheil. Ein Blick auf die Fig. 3 zeigt zweifellos, dass die feinen Körner des Zinnobers mehrere Zellen ringsherum erfüllten, und dass die beiden hier auf den Schnitt durch die Mitte getroffenen Tüpfelräume *x* und *xx* durchaus von beiden angrenzen-

---

[1]) Mémoire sur l'équilibre et le mouvement des liquides dans les corps poreux. Comptes rendus 1860, p. 172.

[2]) Ich bemerke hiebei noch, dass bei dem von mir angestellten Versuche allerdings das ganze 2 Zoll lange Holzstückchen feucht wurde; dass jedoch das hineingepresste Wasser nicht den capillaren Räumen des Innern der Tracheen folgen konnte, bewies nur zu deutlich ihre Erfüllung mit Luft selbst nach erfolgter Injection.

den Zellen zugleich erfüllt worden sind, d. i. der Raum x von den Zellen oder Tracheen a und b, der Raum xx von den Zellen b und c.

Setzt man so injicirtes Holz dem bekannten Lösungsmittel von chlorsaurem Kali und Salpetersäure aus, so trennen sich die verbundenen Zellen mit dem Inhalte der Injectionsmasse, allein die im Tüpfelraume befindlichen Zinnoberkörnchen zerstreuen sich dabei, und untersucht man die isolirten Zellen, so findet man nicht bei einer einzigen die die linsenförmigen Zwischenräume erfüllenden Massen anhängen.

Herr Hartig liess das Kochen des injicirten Holzes im obgedachten Auflösungsmedium nicht bis zur völligen Trennung der Elementartheile vor sich gehen, wusch das Holz sorgfältig aus, gab es in eine dicke Gummilösung und machte, nachdem es getrocknet war, Längen- und Querschnitte. Die vergrösserten Abbildungen davon gibt er auf Taf. XI, Fig. 1 und 3, wobei sich nun nicht mehr nach vorgenommener Trennung der Zellen, die Injectionsmasse der Tüpfelräume in der Bewahrungsflüssigkeit verlor, sondern an den Zellen haften blieb, von wo aus ihr Eindringen stattfand. Herr Hartig glaubt davon den anatomischen Beweis für das Vorhandensein einer feinen Membran zu finden, durch welche allein der Tüpfelinhalt zusammengehalten würde, und schliesst ferner, dass diese Haut von diesen Zellen aus (Beutelzellen) in Form eines Beutels den Tüpfelraum auskleide.

Ich muss gestehen, dass ich diese letztere Procedur mit dem Gummi absichtlich nicht anstellte, weil ich überzeugt bin, dass man dabei so unsichere Resultate erhält, die eben nur dazu dienlich sind, um sie eben so gut für die Erklärung der einen wie der andern Absicht zu benützen.

Ich glaube meinen Beweis für die offene Communication durch die Tüpfel besser anderswo herzunehmen, und zwar einerseits durch die anatomische Untersuchung schief durchschnittener Tüpfel, andererseits durch das Eindringen fremder organischer Körper.

In Betreff des ersten Punktes gewahrte ich ohne Ausnahme jedesmal die Innenwand des Tüpfels durch keine Membran verschlossen, während nach Hartig's Annahme die an die bebeutelte Zelle anstossende Nachbarzelle einen solchen feinen Verschluss zeigen musste (Fig. 4). Noch schlagender erweisen das Offensein der Tüpfel die Pilzfasern, welche nicht selten in dem festesten, durchaus

nicht verroteten Holze von einer Zelle zu andern wandern, und dies bei den spindelförmigen Zellen des Holzes auf das Leichteste bewerkstelligen, indem sie bei einer Öffnung des Tüpfels hinein, bei der andern heraus wachsen. Die beigefügten Abbildungen Fig. 5 und 6 geben davon Beispiele. Entscheidend sind jedoch nur Fig. 7 und Fig. 8, indem bei ersterer der Querschnitt zweier an einander stossender Markstrahlenzellen vorgestellt ist, wo der Pilz die vorhandene doppelte Scheidewand des Tüpfels durchbohren muss, um in die Nachbarzelle zu gelangen, während Fig. 8, welche den Zusammenhang mehrerer Tracheen darstellt, ein Ast derselben Pilzfaser sowohl die Tüpfel als den Tüpfelraum unverschmälert durchdringt und offenbar dabei kein Hinderniss zu überwinden hat.

Für die Verschmälerung von Pilzzellen, wenn sie Membranen durchbohren, wie dies hier so deutlich erscheint, liegen auch sonst zahlreiche Beispiele vor, sowohl an lebenden wie an abgestorbenen Pflanzen. Es scheint die Durchdringbarkeit einer Pilzzelle durch eine fremde Membran nur dadurch ermöglicht zu sein, dass die Durchbohrungsstelle sich auf das Minimum des Lumens verkleinert. Mit den näheren Angaben über diesen so wichtigen Punkt in dem Parasitismus, die ich mir zu einer andern Zeit mitzutheilen vorbehalte, stehen die schönen Untersuchungen De Bary's [1]) im vollkommensten Einklange.

Auch ich glaube also mit Sicherheit aus der Art, wie sich die Pilzfasern im Holze der Pinusarten verbreiten, schliessen zu können, dass die Tüpfel der Tracheen nach ihrer vollständigen Ausbildung nicht nur in ihrem Innenraume vollkommen wegsam sind, sondern auch an ihren beiden Seiten offen stehen.

Auf diese Weise muss also das Holz der Coniferen nicht aus geschlossenen Capillaren zusammengesetzt angesehen werden, sondern aus Capillaren, die seitlich von unten bis oben mit zahlreichen noch bei weiten feineren Capillaröffnungen unter einander in unmittelbarer Verbindung stehen. Die Messung der Tüpfelöffnung ergab einen Durchmesser von 0·0044 Millim.

Berücksichtigt man nun die frühere Angabe über den nöthigen Kraftaufwand, um Flüssigkeiten für Capillaren, die theilweise damit

---

[1]) Annales des sciences nat. IV. Sér., T. XX. Recherches sur le développement de quelques champignons parasites. Man vergleiche vorzüglich Tab. 7, 9 und 12.

erfüllt sind, wegsam zu machen, so muss man gerechten Zweifel hegen, ob die Pflanze jene Kraft aufzubringen im Stande ist, um den Nahrungssaft auf diesem Wege, d. i. durch die Zellräume und ihre Communicationen hindurch bis zu den peripherischen Theilen der Pflanze — den Ort ihrer Bestimmung — zu bringen; mit anderen Worten: es ist zu bezweifeln, dass der Haarröhrchenraum der Spindelzellen die Mittel der Saftleitung ausmachen.

Was hier von den Coniferen gesagt ist, gilt ohne Zweifel auch von dem Holze anderer Pflanzen. Auch da sind die Libriformzellen, wenn auch nicht ausschliesslich, so gewiss doch vorzugsweise die saftleitenden Organe. Auch sie kommen in den wesentlichsten Punkten mit den Tracheen des Coniferenholzes überein. Grösse, Form, Structur der Wand und nicht selten auch die Tüpfelung sind dieselben. Aber auch bei diesen ist der Saftgehalt in der Regel von Luftbläschen unterbrochen, und gerade zu jener Zeit, wo der Stoffwechsel erhöht ist und die Bildung neuer Theile am raschesten vor sich geht, führen diese saftleitenden Organe mehr Luft als Saft.

Man kann also den Satz, dass der Haarröhrchenraum der Libriformzellen nicht das Mittel der Saftleitung ausmachen, auch auf andere Holzpflanzen und zuletzt auch wohl auf die krautartigen Gewächse ausdehnen, da auch diese in Bezug auf die Organe der Saftleitung sich den Holzpflanzen im Wesentlichen anschliessen.

Wenn nun der Innenraum der saftleitenden Organe und ihre Communicationswege unter einander dies wichtige Geschäft zum Behufe der Erhaltung und der Fortbildung der Pflanzensubstanz nicht vollführen, so kann dieser für die Pflanze unerlässliche Vorgang nur in der Zellsubstanz, d. i. in der Hülle eben dieser Elementarorgane gesucht werden, d. i. in den von Wasser leicht durchtränkbaren Zellhäuten.

Den Beweis dafür müssen wir theils in der oben genannten physikalischen Beschaffenheit der Cellulose, theils in der Kraft suchen, welche den Nahrungssaft bis zu den äussersten und höchsten Punkten der Pflanze in der nöthigen Menge und in gehöriger Zeit zu heben und über die die Pflanze zu verfügen im Stande ist.

Richten wir auf den zweiten Punkt zuerst unser Augenmerk.

Man hat gesagt, dass die Verdunstung der Pflanze dadurch der Hebel für die Saftbewegung werde, dass der luftverdünnte oder

luftleere Raum, welcher durch das Abgeben der Wassertheilchen an die umgebende Luft erzeugt wird, vermöge des Luftdruckes ein Nachrücken der nächst tieferen Safttheilchen und so fort zu Stande bringe. Herr Dr. Böhm glaubt dies aus seinen Versuchen folgern zu können [1]) und auch Herr Harting spricht sich in diesem Sinne aus [2]).

Abgesehen von der Richtigkeit der Versuche, die ich nicht bezweifle und die auch mir gleiche Resultate lieferten, ist doch nicht schwer darzuthun, dass hier nicht der Luftdruck das bewegende Princip ist.

Betrachtet man den Verdunstungsvorgang poröser und imbibitionsfähiger Substanzen etwas genauer, so sieht man leicht ein, dass die Pflanzenmembran als die äusserste Begrenzung des Pflanzenkörpers zunächst die Abgabe des Wassers an die Luft bewerkstelligt. Die von Wasserdünsten nicht gesättigte atmosphärische Luft sucht sich mit der vom Wasser durchdrungenen Zellhaut in's Gleichgewicht zu setzen und entreisst ihr in Dunstform das *plus* an Wasser. Würde bei Abgabe der äussersten Wassertheilchen der Zellhaut in der That an deren Stelle ein luftverdünnter oder luftleerer Raum entstehen, so wäre nicht abzusehen, wie derselbe nicht auf dem kürzesten Wege durch die darüber befindliche Luft ersetzt würde. Das Vorrücken der nächst tiefer liegenden Wassertheilchen in der imbibirten Zellmembran kann daher unmöglich durch den Luftdruck auf die luftverdünnte oberste Schichte erfolgen. Ein leicht ausführbares Experiment beweist dies unwiderleglich.

Man nehme eine $^3/_4$ Zoll weite und einige Zoll lange Glasröhre, verschliesse die eine Öffnung mit einem imbibitionsfähigen Körper, z. B. mit einem 1 Decimeter dicken Nadelholzstückchen, das andere Ende eben so luftdicht mit einem Kautschukpfropf. Wird diese vorher mit Wasser gefüllte Glasröhre bei horizontaler Lage in eine ziemlich trockene Luft gebracht, so findet ein fortwährender Verlust des Wassers aus dem Innern Statt. Bald nimmt der Holzverschluss so viel Wasser auf, dass selbst die äussere Seite feucht wird und von da durch die Verdunstung entweicht. Da im Innern der verschlossenen Röhre kein Ersatz des entwichenen Wassers möglich ist, so wird dieser Raum mit Luft erfüllt, die

[1]) Sitzungsberichte der kais. Akad. der Wissenschaften. Bd. 48.

[2]) Bot. Zeitung, 1862, Nr. 41.

zuerst in kleinen Bläschen aus dem Wasser und aus der Holzmasse hervortritt. Endlich vermindert sich auch dieser Zufluss und es entsteht ein luftverdünnter Raum, der so lange zunimmt als noch Wasser vorhanden ist. Nach längerer oder kürzester Zeit, wenn alles Wasser aus dem Holze verschwunden ist, tritt die eingeschlossene Luft mit der äusseren durch Diffusion in Wechselwirkung, bis endlich ein Gleichgewicht hergestellt ist.

Es ist hieraus klar, dass die in Folge der Verdunstung verloren gegangenen Wassertheilchen nicht durch eine *vis a tergo*, d. i. durch den Druck der Luft zum Vorrücken bestimmt worden sind, da die Wirkung derselben durch den luftdichten Verschluss hier unmöglich gemacht ist, sondern dass es die Capillarität des Holzes war, die diese Erscheinung bewirkte. Es versteht sich von selbst, dass es einerlei ist, ob Hirn- oder Längenschnitt von Holz oder ob es ein anderer imbibitionsfähiger oder poröser Körper ist, der auf einer Seite den Verschluss bewerkstelliget. Das Resultat wird immer dasselbe sein, obgleich die Zeiträume verschieden sind, in welchen unter übrigens gleichen Umständen der Erfolg statt hat. Es wäre demnach der Druck der Luft bei dem Vorgange des Saftsteigens im Pflanzenkörper in jedem Falle auszuschliessen, sei es dass der Saftstrom durch den Zellraum von Zelle zu Zelle vor sich gehe, oder derselbe ausschliesslich der imbibitionsfähigen Membran folge.

Es frägt sich nur noch, ob die Capillarität oder die Kraft der Imbibition, welche auf die in den molecularen Interstitien befindliche Nahrungsflüssigkeit ausgeübt wird, alle Erscheinungen zu erklären im Stande ist, die wir im Pflanzenkörper wahrnehmen und unter welchen diejenige am wichtigsten ist, die zeigt, dass die Flüssigkeit gegen ihre Schwere bis zu den Spitzen der höchsten Bäume geführt wird.

Diejenigen, welche den Luftdruck als Ursache des Saftsteigens annehmen, müssen in keine geringe Verlegenheit gerathen, wenn es sich darum handelt zu erklären, wie es möglich wird, dass der Pflanzensaft in vielen Vegetabilien und in allen hochstämmigen Bäumen, die in bedeutender Elevation über dem Meere wachsen, weit über 32 Fuss emporgehoben wird. Dr. Böhm sagt[1]): „Dass

[1]) L. c. p. 22.

Pflanzen nun factisch viel höher werden können, wird dadurch möglich, dass dieselben aus vielen kleinen über einander gelagerten und geschlossenen Zellen bestehen, indem so das Wasser von Zelle zu Zelle emporgepumpt wird", ohne dass er dabei angibt, wo diese Pumpen zu suchen sind. Ein Baum, dessen Stamm von unten bis oben mit Ästen besetzt ist, würde allerdings nach dieser Ansicht in verschiedenen Höhen ergiebige Verdunstungsorgane — Pumpen — aufzuweisen haben, wie aber Stämme ohne Äste, die wie viele Palmen erst in den 40—50 Fuss hohen Gipfeln ihre Blattkronen ausbreiten, oder die ihrer Äste beraubt worden, dieses Pumpen zu bewerkstelligen im Stande sind, ist mir ein Räthsel; es wäre denn, dass man in der Rinde des Stammes diese Pumpen versetzte, die jedoch kaum ausreichen würden den Effect hervorzubringen, der bei dem grossen Bedarf an Nahrungssaft postulirt wird.

Es ist allerdings wahr, dass man sich die Pflanze nicht als ein Röhrensystem mit wässeriger Flüssigkeit erfüllt zu denken habe, wo auf die untersten Zellen unter gewissen Umständen der Druck einer zum mindesten 32 Fuss hohen Wassersäule lastet; es ist wahr, dass diese Wassersäule auch nur durch eine geringe Menge von imbibitionsfähigen Querwänden getheilt den Druck vermindert und ganz aufhebt, allein dies beweiset durchaus nicht, dass unter solchen Umständen es dem Luftdrucke nun ein leichtes wird, die Wasserhöhe auch über 32 Fuss zu erheben, denn so schwer es dem Wasser hiebei wird, seinen Druck auf die untersten Schichten auszuüben, eben so schwer wird auch der Widerstand zu überwinden sein, den die poröse Scheidewand dem Luftdrucke entgegenstellt. —

Kehren wir nach dieser Abschweifung zur Capillarität zurück, in welcher wir ausschliesslich die Kraft zu suchen haben, die das Saftsteigen bewerkstelliget. So weit die Erscheinungen dieser auf die kleinsten Distanzen wirksamen Anziehungskraft geprüft sind, wissen wir, dass die Höhe der Ascension in Capillarröhren dem Durchmesser derselben umgekehrt proportional ist. Da durch Erfahrung bekannt ist, dass die Hebung des Wassers in einer Röhre von 1 Millim. Durchmesser 30 Millim. beträgt, so muss eine Röhre von $^1/_{1000}$ Millim. das Wasser auf 30 Meter und eine Röhre von $^1/_{2000}$ Millim. dieselbe auf 60 Meter zu heben im Stande sein.

Würden wir uns daher die Zellen des Föhrenholzes mit Saft erfüllt denken, diese selbst durch die behoften Tüpfel mit einander in

Verbindung gesetzt, so hätten wir Capillaren von 0·011 Millim., die durch kurze Capillaren von 0·0044 Millim. mit einander verbunden sind und diese müssten eine Ascension von ungefähr 7 Meter bewirken.

In den Holzzellen von *Lonicera xylosteum*, die nur eine Breite von 0·01 Millim. haben, und dessen Innenraum nicht mehr als den dritten Theil beträgt, würde die Capillare nicht mehr als 0·003 Millim. ausmachen, und da dieselben mit Tüpfelspalten von 0·0004 Millim. mit einander in Verbindung stehen, so könnte die Ascension allerdings selbst über 60 Meter gehen.

Doch es ist bereits ausser Zweifel gestellt, dass diese saftleitenden Organe in der Regel nicht oder nur ausnahmsweise mit Saft erfüllt sind, ja dass sie zur Zeit des grössten Saftbedarfes entweder nur von Luft oder wenigstens theilweise Saft enthalten, ein Aufsteigen also des Saftes in diesen Capillaren, wenn er auch zu einer bedeutenden Höhe gelangen könnte, unmöglich stattfinden kann. Würden die Capillarräume der Faserzellen in der That die Organe der Saftleitung darstellen, so würden ihre Weiten ohne Zweifel im Verhältnisse zur Höhe der Pflanzen stehen, wohin ihr Saft geleitet werden muss. Davon finden wir aber nichts, im Gegentheile sind die Weitungen der Faserzellen des Holzes ganz unabhängig von der Höhe des Stammes. Es führt uns daher auch diese Betrachtung darauf, nicht in den Capillarräumen der Zellenlumina das Mittel zu finden, wodurch die Saftleitung effectuirt wird.

Es bleibt uns daher nichts anderes übrig, als diese in den noch viel feineren Capillaren der Zellmembran selbst zu suchen, und da diese im Pflanzenkörper ein Continuum bilden, auf diese Weise die Saftbewegung nach Höhe und Tiefe, d. i. nach allen Richtungen zu erklären.

Ja, man kann sagen, dass die Zellmembran ganz passend für diese Function gebaut ist. Sie ist zwar im Allgemeinen vom Wasser durchtränkbar, d. i. sie nimmt mit diesem in Berührung gebracht bis in ihre kleinsten Theile — die Molecular-Interstitien — Wasser auf, allein nach Alter, Bau und Beschaffenheit ist diese Eigenschaft bald in grösserem, bald in geringerem Maasse vorhanden, und es dürfte nicht schwer nachzuweisen sein, dass dort, wo ein grösserer Bedarf an Saft vorhanden ist, auch die Membranen in ihrer imbibitionsfähigen Eigenschaft dem Bedürfnisse entsprechen.

Noch sind wir weit entfernt in der verschiedenen Structur, welche die Zellmembran der Leitzellen in ihren verschiedenen Schichten darbietet, die Mittel zu erkennen, die zur Erleichterung der Saftcommunication dienen.

So viel ist jedoch sicher, dass wasserreiche mit minder wasserreichen Schichten abwechseln und dadurch die mannigfaltigsten und regelmässigsten Configurationen derselben bedingen.

Durch ihre saftführenden Membranen tritt die Oberfläche der Pflanze in Berührung mit der Luft. Es ist natürlich, dass die oberste ihrer wasserführenden Schichten sich mit derselben in's Gleichgewicht setzen muss — sie verdunstet. Aber für jedes verloren gegangene Wassertheilchen rückt ein anderes durch die Capillarattraction nach, und diese Bewegung der Wassertheilchen verbreitet sich bis zur Aufnahmsquelle — der Wurzel. Die Verdunstung ist demnach allerdings Veranlassung der Saftbewegung, aber nicht ihre Ursache, eben so wenig als der Luftdruck — jene *vis a tergo*.

Dadurch, dass die Zellmembran gewisser Zellen in ihrer Beschaffenheit (Korksubstanz, Incrustation u. s. w.) der Imbibition, Hindernisse in den Weg legt, und in diesem Falle nur im geringen Grade durchtränkbar ist, wird sie befähiget, dort wo keine oder nur eine geringe Verdunstung geschehen soll, dieselbe beinahe unmöglich zu machen. Auf diese Weise wird die Verdunstung durch den Mantel der Rinden- und Korksubstanz, womit sich der ältere Stamm und seine Äste umgeben, an diesen Theilen auf das Äusserste beschränkt, zugleich aber in dem Stamme jene Richtung gegeben, wo vorzüglich die Assimilation vor sich geht, das ist nach den Blättern. Man kann demnach allerdings von Leitzellen sprechen, welche vorzüglich die Aufgabe haben, dem Saftstrome eine gewisse Richtung zu geben.

Ist aber die Cellulosemembran das Organ, wodurch jener Saftstrom nach Massgabe der Verdunstung vor sich geht, so muss sie auch den Zellraum selbst mit Flüssigkeit zu versorgen im Stande sein, sie muss für den Bedarf des Stoffwechsels in denselben das nöthige Lösungsmittel beistellen. Ein Bläschen oder Schlauch in einer Wandung mit Flüssigkeit erfüllt, kann sowohl nach aussen als nach innen noch davon abtreten, wenn es ihm entzogen wird. Imbibitionsfähige Substanzen mit stärkerer Anziehung als die

Theilchen der Cellulosesubstanz müssen nothwendig eine Abgabe von wässeriger Flüssigkeit herbeiführen. Dass in den jugendlichen Zellen in dem eiweissartigen Protoplasma eine solche Substanz vorhanden sei, ist eine Thatsache, und wir sehen nur zu deutlich, wie im Fortschritte der verschiedenen chemischen Vorgänge das im Protoplasma enthaltene Wasser anfänglich in Vacuolen ausgeschieden, später nach und nach den ganzen Zellraum einnimmt und endlich in dem Primordialschlauche sogar eine Schutzwehr findet, um nicht wieder in die Cellulosemembran zurückzukehren, von wo es hergekommen ist. Sollten nicht die Erscheinungen, welche unter gewissen Umständen bei der lebensfähigen Zelle eine Ablösung des Primordialschlauches von der Zellwand mit sich führen, eben für diese Eigenschaft jenes Schlauches sprechen?

Endlich in dem Masse, als dieser selbst nach und nach in den altenden Zellen verschwindet, tritt die Resorption des flüssigen Zellinhaltes von Seite der Cellulosemembran wieder ein, und der Inhalt enthält nur mehr theilweise oder gar keinen Saft, während die Membran noch geraume Zeit fortfährt das Vehikel des Saftes zu sein. Nur ausnahmsweise füllen sich die sonst entleerten Zellen wieder mit Saft, aber dies nur, wenn er gewaltsam hineingepresst wird. Ja, es werden hiebei selbst jene Organe saftführend, die im ausgebildeten Zustande nie Saft führen, wie z. B. die Gefässe.

Ich kann diesen Vorgang, der bei vielen Gewächsen zum Beginne der Vegetationsperiode eintritt, nur in der grossen Menge der vorzüglich in der Wurzel während des Winters abgelagerten imbibitionsfähigen Substanzen suchen, wodurch ein solcher Zufluss von Flüssigkeit und damit eine solche Spannung eintritt, die sich selbst auf die entferntesten Theile fortpflanzt und diese dadurch auf passive Weise mit Flüssigkeit versieht. So wie diese aber mit der Entwickelung der Assimilationsorgane, die zugleich die lebhafteste Verdunstung bewerkstelligen, einen Abzug nach Oben und Aussen nimmt, hört auch die Spannung auf und die saftleitenden Organe enthalten nur mehr in ihren Cellulosemembranen noch den zur Vegetation nöthigen Bedarf von Saft.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. *a* drei Tracheen (Holzzellen) von *Pinus silvestris* in ihrer natürlichen Aneinanderreihung, theilweise mit Luft erfüllt. Vergr. $^{110}/_1$. *b* eine isolirte Trachee von vorne gesehen. Vergr. $^{240}/_1$. *c* eine zweite von der Seite gesehen; beide theilweise mit Luft erfüllt, die selbst durch Kochen in chlorsaurem Kali und Salpetersäure nicht ganz ausgetrieben wurde.

„ 2. Die Begrenzung zweier Tracheenwände im senkrechten, durch zwei Tüpfeln laufenden Schnitte. Diese wie die folgenden Abbildungen in tausendmaliger Vergrösserung.

„ 3. Schnitt senkrecht auf die Axe der Tracheen eines injicirten Holzes von *Pinus silvestris*. Bis auf zwei Elementartheile sind alle übrigen voll mit Zinnober. Die durch die Mitte getroffenen Tüpfelräume * und ** sind von beiden angrenzenden Tracheen *a, b, c* injicirt worden und enthalten die Zinnoberkörnchen dicht gedrängt.

„ 4. Schiefer Längenschnitt, welcher zwei Tüpfel getroffen hat. Man sieht deutlich, dass über die Tüpfelöffnungen kein Membran läuft; *b* ein Tüpfel mit einer Luftblase im Tüpfelraume. *c* ein Tüpfel schief gesehen, wobei die hintere Tüpfelöffnung gleichfalls ersichtlich ist.

„ 5 und 6. Tüpfel mit aus der Öffnung hervortretenden Pilzfasern.

„ 7. Der Zusammenstoss zweier Markstrahlenzellen aus dem Föhrenholze im Durchschnitte. Die beiden Tüpfeln erscheinen durch die doppelte primäre Zellwand geschlossen. Durch die obern dringt die Pilzfaser *b* und verschmälert sich dabei auf den sechsten Theil ihres Durchmessers

a. Vordere Ansicht dieser Tüpfel.

„ 8. Schnitt senkrecht auf die Axe der Tracheen von *Pinus silvestris* *a, b,* zwei Tüpfel durch die Mitte getroffen. Durch den Tüpfel *a* dringt ein Zweig der Pilzfaser *c*; *b.** Ansicht des Tüpfels von vorne.

„ 9. Kleines Stück einer isolirten Trachee aus dem Schlusse des Jahresringes desselben Holzes.